

(11)特許出願公開番号

特開平11-297001

(43)公開日 平成11年(1999)10月29日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>  
G 1 1 B 20/14

識別記号  
351

F I  
G 1 1 B 20/14

**3 5 1 A**

審査請求 未請求 請求項の数14 OL (全 17 頁)

(21)出願番号 特願平10-99088

(22)出願日 平成10年(1998)4月10日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 伊沢 正人

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 佐藤 真史

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)發明者 橋本 清一

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

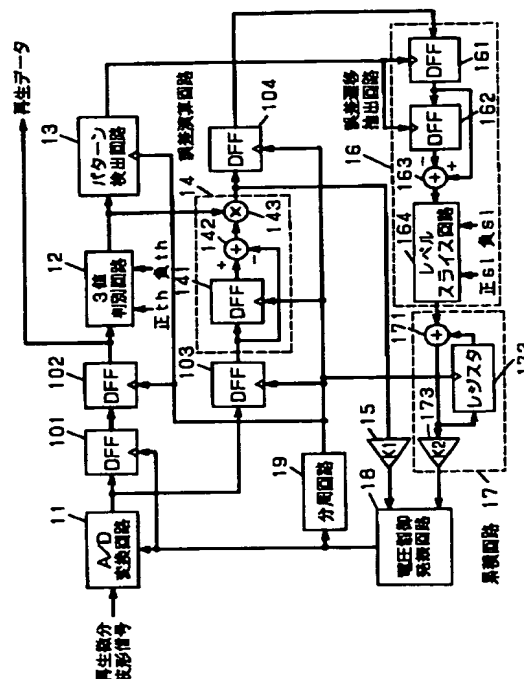
(74) 代理人 弁理士 滝本 智之 (外 1 名)

(54) 【発明の名称】 再生クロック抽出装置

(57) 【要約】

【課題】 サンプリングクロックの位相引き込み能力を持つとともに広い周波数引き込み能力を持つ再生クロック抽出装置を提供する。

【解決手段】 A/D変換のサンプリングをデータレートの2倍のレートのサンプリングクロックで行い、A/D変換のサンプリングタイミング誤差を演算する際に、再生データ以外のサンプリングデータを用いて、誤差演算回路14がA/D変換のサンプリングタイミング位相誤差を演算し、再生データパターンに基づいて位相誤差の遷移を累積することにより周波数誤差を演算する。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入力される信号をデータレートの 2 倍のレートでサンプリングクロックで量子化する量子化手段と、前記量子化手段が出力するサンプリングデータのうち 1 サンプリングクロックおきの偶数列サンプリングデータを再生データとして正值か零値か負値かの 3 値判別を行う 3 値判別手段と、前記 3 値判別手段が出力する連続する複数の判別結果から特定の組み合わせのみを検出するパターン検出手段と、前記 3 値判別手段の判別結果が変化する連続する 2 つの再生データの間の奇数列サンプリングデータを用い前記 3 値判別結果の極性およびデータ配列に基づいて前記量子化手段でのサンプリングタイミング誤差を演算する誤差演算手段と、パターン検出に用いられる複数の再生データの間に位置する奇数列サンプリングデータに検出パターンの極性を乗算したものあるいは複数の奇数列サンプリングデータの差分に検出パターンの極性を乗算したものを前記パターン検出手段の検出結果に基づいて保持し過去の保持データと差分をとり所定レベル範囲内の差分結果のみを抽出する誤差遷移抽出手段と、前記誤差遷移抽出手段の抽出結果を入力し累積する累積手段と、前記量子化手段に供給するサンプリングクロックの生成に際して前記誤差演算手段の演算結果と前記累積手段の累積結果に基づいて位相と周波数を調整するサンプリングクロック生成手段と、前記サンプリングクロックを 2 分周する事により再生クロックを生成する再生クロック生成手段とを備えた再生クロック抽出装置。

【請求項 2】 入力される信号をデータレートの 2 倍のレートでサンプリングクロックで量子化する量子化手段と、前記量子化手段が出力するサンプリングデータのうち 1 サンプリングクロックおきの偶数列サンプリングデータを再生データとして正值か零値か負値かの 3 値判別を行う 3 値判別手段と、前記 3 値判別手段が出力する連続する複数の判別結果から特定の組み合わせのみを検出するパターン検出手段と、前記 3 値判別手段の判別結果が変化する連続する 2 つの再生データの間の奇数列サンプリングデータを用い前記 3 値判別手段の極性およびデータ配列に基づいて前記量子化手段でのサンプリングタイミング誤差を演算する誤差演算手段と、パターン検出に用いられる複数の再生データの間に位置する奇数列サンプリングデータに検出パターンの極性を乗算したものあるいは複数の奇数列サンプリングデータの差分に検出パターンの極性を乗算したものを前記パターン検出手段の検出結果に基づいて保持し過去の保持データと差分をとり所定レベル範囲内の差分結果のみを抽出する誤差遷移抽出手段と、前記誤差演算手段の演算結果あるいは前記誤差遷移抽出手段の抽出結果を入力し累積する累積手段と、前記量子化手段に供給するサンプリングクロックの生成に際して前記誤差演算手段の演算結果と前記累積手段の累積結果に基づいて位相と周波数を調整するサン

2

プリングクロック生成手段と、前記サンプリングクロックを 2 分周する事により再生クロックを生成する再生クロック生成手段と、再生されているデータが獲得できているか否かを検知する再生データ獲得検知手段とを備えた再生クロック抽出装置であって、前記再生データ獲得検知手段の検知結果によって前記累積手段の入力を前記誤差演算手段の演算結果と前記誤差遷移抽出手段の抽出結果の一方を選択するように制御されることを特徴とする再生クロック抽出装置。

10 【請求項 3】 誤差演算手段は、3 値判別手段の判別結果を判別対象である再生データの直前と直後の奇数列サンプリングデータの差に乗算することにより量子化手段でのサンプリングタイミング誤差を演算するようにしたことを特徴とする請求項 1 及び 2 記載の再生クロック抽出装置。

【請求項 4】 パターン検出手段は、3 値判別手段で出力される現在の判別結果が正值あるいは負値であってその前後の判別結果は零値となる特定の組み合わせを検出するようにしたことを特徴とする請求項 1 及び 2 記載の再生クロック抽出装置。

20 【請求項 5】 誤差遷移抽出手段は、パターン検出手段の検出結果に基づいてそのパターン検出に用いられた現在の判別結果の判別対象である再生データの前後の奇数列サンプリングデータの差分に現在の再生データの 3 値判別結果を乗算したものを保持し過去の保持データと差分をとり、所定レベル範囲内の差分結果のみを抽出するようにしたことを特徴とする請求項 4 記載の再生クロック抽出装置。

30 【請求項 6】 パターン検出手段は、3 値判別手段で出力される現在の判別結果がその直前の判別結果と異なり且つどちらの判別結果も零値ではない特定の組み合わせを検出するようにしたことを特徴とする請求項 1 及び 2 記載の再生クロック抽出装置。

40 【請求項 7】 誤差遷移抽出手段は、パターン検出手段の検出結果に基づいてそのパターン検出に用いられた現在の判別結果の判別対象である再生データの直前の奇数列サンプリングデータに現在の再生データの 3 値判別結果を乗算したものを保持し過去の保持データと差分をとり、所定レベル範囲内の差分結果のみを抽出するようにしたことを特徴とする請求項 6 記載の再生クロック抽出装置。

【請求項 8】 サンプリングクロック生成手段は、誤差演算手段に基づいて主として位相を制御し、累積手段に基づいて主として周波数を制御するようにしたことを特徴とする請求項 1 及び 2 記載の再生クロック抽出装置。

50 【請求項 9】 再生データ獲得検知手段は、所定長のデータブロック毎に付加されているシンクデータを検出するシンク検出手段と、所定期間中のシンクデータの獲得数を所定値と比較する比較手段とで構成されることを特徴とする請求項 2 記載の再生クロック抽出装置。

【請求項 10】 累積手段の入力は、所定期間中のシンクデータの獲得数が所定値以上になるまでは誤差遷移抽出手段の抽出結果を選択し、所定値以上になれば誤差演算手段の演算結果を選択するよう制御されることを特徴とする請求項 9 記載の再生クロック抽出装置。

【請求項 11】 再生データ獲得検知手段は、入力される信号に付加されている誤り訂正符号により誤り訂正を行う誤り訂正手段と、前記誤り訂正手段からの符号誤り数を所定値と比較する比較手段とで構成されることを特徴とする請求項 2 記載の再生クロック抽出装置。

【請求項 12】 累積手段の入力は、誤り訂正手段からの符号誤り数が所定値以下になるまでは誤差遷移抽出手段の抽出結果を選択し、所定値以下になれば誤差演算手段の演算結果を選択するよう制御されることを特徴とする請求項 11 記載の再生クロック抽出装置。

【請求項 13】 量子化手段に入力される信号が微分波形であることを特徴とする請求項 1 及び 2 記載の再生クロック抽出装置。

【請求項 14】 量子化手段が出力するサンプリングデータに対して、デジタル的に適応型等化処理を施しながら後段の処理を行う請求項 1 及び 2 記載の再生クロック抽出装置。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば記録媒体から再生される微分波形信号より再生クロックを抽出するのに好適な再生クロック抽出装置に関するものである。

#### 【0002】

【従来の技術】磁気テープ等からデジタルデータを再生するにあたり、再生された微分波形信号により再生クロックを抽出するのに再生クロック抽出装置が必要となる。従来、この種の再生クロック抽出装置として、例えば電子情報通信学会論文誌 (Vol. J75-C-2/No. 11) での招待論文「磁気ディスク用信号処理技術の最近の展開」第 618 頁に記載されている構成のものがある。

【0003】図 11 にこの従来の再生クロック抽出装置の構成を示す。図 11 において、11 はアナログ/デジタル変換回路 (以下、A/D 変換回路) で、入力した再生微分波形信号をデータレートの再生クロック (サンプリングクロック) にてサンプリングしてデジタルデータとして出力する。このデジタルデータは、タイミング調整用の D フリップフロップ (以下、DFF と略す) 20 を介して、再生データとして出力される。

【0004】12 は 3 値判別回路で、入力されたデジタルデータの 3 値判別を行ってその判別結果を出力する。すなわち、入力されるデジタルデータが正值スレッシユレベル (図 11 中の正  $t_h$ ) よりも大きければ「1」と判別し、負値スレッシユレベル (図 11 中の負  $t_h$ ) よりも小さければ「-1」と判別し、それ以外で

あれば「0」と判別する。

【0005】18 は電圧制御発振回路で、入力される誤差演算結果および誤差累積結果に基づいて位相および周波数調整を行って生成した再生クロックを出力する。すなわち、生成される再生クロックの周波数は、入力した誤差演算結果が正の値であれば瞬時的に大きく、負の値であれば瞬時的に小さくなる。また、入力した誤差累積結果の値が大きければ周波数は大きく、値が小さければ周波数は小さくなる。つまり、誤差演算結果により再生クロックの位相調整を行い、誤差累積結果により再生クロックの周波数調整を行う。そして、この再生クロックは A/D 変換回路 11、および各 DFF 20、211、212 に与えられる。

【0006】21 は誤差演算回路で、タイミング調整用の 2 つの DFF 211 及び 212 と、減算器 213 と、乗算器 214 とからなり、DFF 211 及び 212 によって現在のデジタルデータを再生クロックの 2 クロック分遅延し、次の減算器 213 で現在のデジタルデータから 2 クロック前のデジタルデータを減算し、さらに次の乗算器 214 でその減算結果に 3 値判別回路 12 による判別結果を乗算したものをサンプリングタイミングの誤差分を示す誤差演算結果として出力する。

【0007】なお、3 値判別回路 12 への入力データは、DFF 20 で再生クロックの 1 クロック分が遅延され、また誤差演算回路 21 の減算器 213 の (+) 端子への入力データは 2 つの DFF 211 及び 212 で再生クロックの 2 クロック分が遅延されるため、3 値判別回路 12 からは減算器 213 の (-) 端子に入力されるデータよりも再生クロックで 1 クロック分前のデータについて判別した結果が乗算器 214 に加わるようになっている。

【0008】22 は誤差累積回路で、誤差演算回路 21 の出力を入力し、その誤差演算結果を累積加算したものを誤差累積結果として出力する。

【0009】図 12 は、図 11 に示した従来の再生クロック抽出装置における再生微分波形信号と再生クロック (サンプリングクロック) との関係をしめすタイミングチャートである。

【0010】図 12 において、点 a ~ 点 h は A/D 変換回路 11 での再生クロック、つまりサンプリングクロックによるサンプリングタイミングであり、ここではサンプリングして得られたデジタルデータの値をそれぞれ符号「A」~「H」で表している。図 11 において再生微分波形信号は、再生クロックの立ち上がり毎に A/D 変換回路 11 でサンプリングされて DFF 20 でラッチされるので、再生データは「A」~「G」となる。

【0011】図 12 の (ア) は、再生微分波形信号と再生クロックの位相が合っている場合の特性を示す。この場合において、3 値判別回路 12 が出力する判別結果が「0」以外になるのは「C」に対する判別結果が

5

「1」、「F」に対する判別結果が「-1」となる時であり、誤差演算回路 2 1 が出力する誤差演算結果は、「B-D」( $= |B-D| \times |1|$ ) および「G-E」( $= |E-G| \times |-1|$ ) の各値となる。ここで、図 1 2 (ア) の位相では「B-D」および「G-E」の各値は共にほとんど零となるので、電圧制御発振回路 1 8 において生成する再生クロックの周波数は保持され、位相も再生微分波形信号に対して合ったままとなる。

【0012】図 1 2 の (イ) は、再生微分波形信号に対する再生クロックの位相が進んでいる場合を示す特性である。この場合においても、3 値判別回路 1 2 が出力する判別結果が「0」以外になるのは、「C」に対する判別結果が「1」、「F」に対する判別結果が「-1」になる時であり、誤差演算回路 2 1 が出力する誤差演算結果は、「B-D」( $= |B-D| \times |1|$ ) および「G-E」( $= |G-E| \times |-1|$ ) の各値となる。ここで、図 1 2 (イ) の位相では「B-D」と「G-E」の各値は共に負となるので電圧制御発振回路 1 8 で生成される再生クロックの周波数は瞬時的に小さくなり、その位相は再生微分波形信号に対して遅れる方向、つまり位相が合う方向に移動する。

【0013】図 1 2 (ウ) は、再生微分波形信号に対する再生クロックの位相が遅れている場合の特性である。この場合においても、3 値判別回路 1 2 が出力する判別結果が「0」以外になるのは、「C」に対する判別結果が「1」、「F」に対する判別結果が「-1」になる時であり、誤差演算回路 2 1 が出力する誤差演算結果は、「B-D」( $= |B-D| \times |1|$ ) および「G-E」( $= |G-E| \times |-1|$ ) の各値となる。ここで、図 1 2 (ウ) の位相では「B-D」と「G-E」の各値は共に正となるので電圧制御発振回路 1 8 で生成される再生クロックの周波数は瞬時的に大きくなり、その位相は再生微分波形信号に対して進む方向、つまり位相が合う方向に移動する。

【0014】このように、図 1 1 に示した従来の上記構成の再生クロック抽出装置は、微分波形信号に対して再生クロックの位相が合うように自動的に制御されて、正確な信号再生を行えるようにしている。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図 1 1 に示した構成の従来の再生クロック抽出装置では、以下の問題が発生し得る。

【0016】(1) 再生クロックの周波数は誤差演算回路 2 1 の出力によって瞬時的に変化するため、再生クロックの再生微分波形信号に対する位相ずれを解消する性能（以下、これを位相引き込み能力と言う）はあるものの、誤差演算回路 2 1 の出力を累積した値が変化しない時、例えば誤差演算回路 2 1 の誤差演算結果の出力が正負が繰り返し交互に出力され、累積する結果が相殺されるような場合には誤差累積回路 2 2 の出力が変化しない

6

ため、再生クロックが目標とする周波数からずれている場合でも、これを解消する性能（以下、これを周波数引き込み能力という）がなく、正確な信号再生が行えなくなる。

【0017】図 1 3 を用いてこの現象について詳述する。図 1 3 は再生微分波形信号と誤差演算結果と再生クロック（サンプリングクロック）との関係を示すタイミングチャートである。再生微分信号には説明の簡単化のため単一波を用いる。

【0018】図 1 3 において、点 a ~ 点 p は A/D 変換回路 1 1 での再生クロック、つまりサンプリングクロックによるサンプリングタイミングであり、ここではサンプリングして得られたデジタルデータの値をそれぞれ符号「A」~「P」で表している。

【0019】図 1 3 の (ア) は再生微分波形信号と再生クロックの周波数が合っている場合の特性である。正值あるいは負値が検出されるのは「B」、「D」、「F」、「H」、「J」、「L」、「N」、「P」のタイミングでそれぞれの前後の再生データの差成分はほとんど零となり、誤差累積結果の増減はない。なお、ここでの位相誤差演算結果の図示は省略する。

【0020】図 1 3 の (イ) は再生微分波形信号に対して再生クロックの周波数が小さい場合の特性である。正值あるいは負値が検出されるのは「B」、「D」、「F」、「H」、「I」、「J」、「K」、「L」、「M」、「O」のタイミングとなり、それぞれのタイミングでの位相誤差演算結果を図 1 3 (ウ) に示す。図のように「B」、「D」、「F」、「H」、「J」、「L」のタイミングでは、位相誤差演算結果は正の値を示し、「I」、「K」、「M」、「O」のタイミングでの位相誤差演算結果は負の値を示す。「B」~「O」までで位相誤差演算結果は正方向へ徐々に増加した後に負値が交互に現れるようになり、次に負値のみを示すようになって徐々に減少していく。誤差累積回路 2 2 はこの誤差演算結果を累積するが、再生クロックの周波数が再生微分信号の周波数に合う前にこの関係が推移する場合、誤差累積結果の増減は相殺される現象が発生し得る。

【0021】図 1 3 の (ウ) は再生微分波形信号に対して再生クロックの周波数が大きい場合の特性である。正值あるいは負値が検出されるのは「B」、「D」、「F」、「H」、「J」、「K」、「L」、「M」、「O」のタイミングとなり、それぞれのタイミングでの位相誤差演算結果を図 1 3 (オ) に示す。図のように「B」、「D」、「F」、「H」、「J」、「L」のタイミングでの位相誤差演算結果は負の値を示し、「K」、「M」、「O」のタイミングでの位相誤差演算結果は正の値を示す。「B」~「O」までで位相誤差演算結果は負方向へ徐々に増加した後に正值が交互に現れるようになり、次に正值のみを示すようになって徐々に

7

減少していく。誤差累積回路 22 はこの誤差演算結果を累積するが、再生クロックの周波数が再生微分信号の周波数に合う前にこのような関係が推移する場合、誤差累積結果の増減は相殺される現象が発生し得る。

【0022】このように再生微分信号に対して再生クロックの周波数がずれているにも関わらず、誤差累積結果には反映されず結果的に周波数引き込み範囲は狭いものになってしまうという問題点を有する。

【0023】さらに、A/D変換後にデジタル的に適応型等化処理を施しながら後段の処理を行うような系を考えた場合、適応型等化手段の遅延により A/D変換からクロック生成までの制御ループの遅延が大きくなり、再生クロックの周波数の引き込み可能な範囲が狭くなってしまうことになる。

【0024】(2) 周波数引き込み能力には周波数引き込み範囲に加えて周波数応答性もあり、再生微分波形信号に対して早く生成クロックの引き込みを行うようにループのゲインを高くした場合には、再生微分波形信号の周波数変動に対して過敏に反応してしまい、安定性が図れなくなる。また、安定性を図るためループのゲインを低くした場合には、再生微分波形信号の周波数変動に対して反応が遅くなってしまい、周波数追従能力に欠けてしまうこととなる。

【0025】図 14 に誤差累積回路 22 の構成例を示し、図 15 に誤差累積回路 22 の構成における入力信号に対するサンプリングクロックの周波数誤差と時間  $t$  との関係を示す。図 15 において横軸は時間、縦軸は入力信号とサンプリングクロックの周波数誤差を表す。

【0026】図 14 において誤差累積回路 22 は、誤差演算回路 21 からの誤差演算結果を加算器 221 においてそれまでの加算結果を保持しているレジスタ 222 からの出力と加算し、再びレジスタ 222 へと入力し、その値をレジスタ 222 に保持する構成である。また、加算器 221 の出力は累積結果として係数器 223 でこのループのゲインが乗算され電圧制御発振回路 18 (図 11) へと送られるように構成される。この時、係数器 223 の係数  $K$  が大きいと図 15 (ア) に示すように目標周波数への引き込み時間は短い为目标周波数に収束するまでに周波数変動を繰り返す特性となり、再生微分波形信号に周波数変動が発生した場合にも過敏に反応してしまい周波数誤差が発生してしまうこととなる。また、係数器 223 の係数  $K$  が小さいと図 15 (イ) に示すように目標周波数への引き込みは収束するまで時間がかかる特性となり、引き込んだ後は安定性はあるが再生微分波形信号に瞬時的周波数変動が発生した場合には反応が遅く変動周波数に追従できないこととなる。

【0027】このように周波数応答性を決める誤差累積回路 22 の係数器 223 の係数設定にはこれらの矛盾する問題を満足する最適設定が必要となり、システム性能を決める上で大きな課題となる。

8

【0028】本発明は上記従来の (1) 及び (2) の各問題点を解決するもので、広い周波数引き込み範囲を持つとともに、システムに最適な周波数応答性を持った再生クロック抽出装置を提供することを目的とする。

【0029】

【課題を解決するための手段】上記の各課題を解決するために本発明の再生クロック抽出装置は、入力される信号をデータレート  $f$  の 2 倍のレート  $2f$  のサンプリングクロックで量子化する量子化手段と、前記量子化手段が出力するサンプリングデータのうち 1 サンプルクロックおきの偶数列サンプリングデータを再生データとして正値か零値か負値かの 3 値判別を行う 3 値判別手段と、前記 3 値判別手段が出力する連続する複数の判別結果から特定の組み合わせのみを検出するパターン検出手段と、前記 3 値判別手段の判別結果が変化する連続する 2 つの再生データの間の奇数列サンプリングデータを用い前記 3 値判別結果の極性およびデータ配列に基づいて前記量子化手段でのサンプリングタイミング誤差を演算する誤差演算手段と、パターン検出に用いられる複数の再生データの間に位置する奇数列サンプリングデータに検出パターンの極性を乗算したものあるいは複数の奇数列サンプリングデータの差分に検出パターンの極性を乗算したものを前記パターン検出手段の検出結果に基づいて保持し過去の保持データと差分をとり所定レベル範囲内の差分結果のみを抽出する誤差遷移抽出手段と、前記誤差遷移抽出手段の抽出結果を入力し累積する累積手段と、前記量子化手段に供給するサンプリングクロックの生成に際して前記誤差演算手段の演算結果と前記累積手段の累積結果に基づいて位相と周波数を調整するサンプリングクロック生成手段と、前記サンプリングクロックを 2 分周する事により再生クロックを生成する再生クロック生成手段とを備えたものである。

【0030】これにより位相引き込み能力に加えて、広い周波数引き込み能力を持つことができる。

【0031】また、本発明の再生クロック抽出装置は、入力される信号をデータレート  $f$  の 2 倍のレート  $2f$  のサンプリングクロックで量子化する量子化手段と、前記量子化手段が出力するサンプリングデータのうち 1 サンプルクロックおきの偶数列サンプリングデータを再生データとして正値か零値か負値かの 3 値判別を行う 3 値判別手段と、前記 3 値判別手段が出力する連続する複数の判別結果から特定の組み合わせのみを検出するパターン検出手段と、前記 3 値判別手段の判別結果が変化する連続する 2 つの再生データの間の奇数列サンプリングデータを用い前記 3 値判別手段の極性およびデータ配列に基づいて前記量子化手段でのサンプリングタイミング誤差を演算する誤差演算手段と、パターン検出に用いられる複数の再生データの間に位置する奇数列サンプリングデータに検出パターンの極性を乗算したものあるいは複数の奇数列サンプリングデータの差分に検出パターンの極性

9

を乗算したものを前記パターン検出手段の検出結果に基づいて保持し過去の保持データと差分をとり所定レベル範囲内の差分結果のみを抽出する誤差遷移抽出手段と、前記誤差演算手段の演算結果あるいは前記誤差遷移抽出手段の抽出結果を入力し累積する累積手段と、前記量子化手段に供給するサンプリングクロックの生成に際して前記誤差演算手段の演算結果と前記累積手段の累積結果に基づいて位相と周波数を調整するサンプリングクロック生成手段と、前記サンプリングクロックを2分周する事により再生クロックを生成する再生クロック生成手段と、再生されているデータが獲得できているか否かを検知する再生データ獲得検知手段とを備えた再生クロック抽出装置であって、前記再生データ獲得検知手段の検知結果によって前記累積手段の入力を前記誤差演算手段の演算結果と前記誤差遷移抽出手段の抽出結果の一方を選択するように制御されることを特徴とする。

【0032】これにより最適な周波数引き込み特性と周波数追従性を兼ね備えた周波数引き込み能力を持つことができる。

【0033】

【発明の実施の形態】本発明の請求項1記載の再生クロック抽出装置は、入力される信号をデータレートの2倍のレートのサンプリングクロックで量子化する量子化手段と、前記量子化手段が出力するサンプリングデータのうち1サンプリングクロックおきの偶数列サンプリングデータを再生データとして正值か零値か負値かの3値判別を行う3値判別手段と、前記3値判別手段が出力する連続する複数の判別結果から特定の組み合わせのみを検出するパターン検出手段と、前記3値判別手段の判別結果が変化する連続する2つの再生データの間の奇数列サンプリングデータを用い前記3値判別結果の極性およびデータ配列に基づいて前記量子化手段でのサンプリングタイミング誤差を演算する誤差演算手段と、パターン検出に用いられる複数の再生データの間に位置する奇数列サンプリングデータに検出パターンの極性を乗算したものであるいは複数の奇数列サンプリングデータの差分に検出パターンの極性を乗算したものを前記パターン検出手段の検出結果に基づいて保持し過去の保持データと差分をとり所定レベル範囲内の差分結果のみを抽出する誤差遷移抽出手段と、前記誤差遷移抽出手段の抽出結果を入力し累積する累積手段と、前記量子化手段に供給するサンプリングクロックの生成に際して前記誤差演算手段の演算結果と前記累積手段の累積結果に基づいて位相と周波数を調整するサンプリングクロック生成手段と、前記サンプリングクロックを2分周する事により再生クロックを生成する再生クロック生成手段とを備えたものであり、これらの構成によると、A/D変換のサンプリングをデータレートの2倍のレートのサンプリングクロックで行い、再生データ以外のサンプリングデータを用いてA/D変換のサンプリングタイミング誤差を演算する際

10

に、誤差演算結果を位相誤差として、誤差遷移抽出結果の累積値を周波数誤差として用いる。

【0034】また、請求項2記載の再生クロック抽出装置は、入力される信号をデータレートの2倍のレートのサンプリングクロックで量子化する量子化手段と、前記量子化手段が出力するサンプリングデータのうち1サンプリングクロックおきの偶数列サンプリングデータを再生データとして正值か零値か負値かの3値判別を行う3値判別手段と、前記3値判別手段が出力する連続する複数の判別結果から特定の組み合わせのみを検出するパターン検出手段と、前記3値判別手段の判別結果が変化する連続する2つの再生データの間の奇数列サンプリングデータを用い前記3値判別手段の極性およびデータ配列に基づいて前記量子化手段でのサンプリングタイミング誤差を演算する誤差演算手段と、パターン検出に用いられる複数の再生データの間に位置する奇数列サンプリングデータに検出パターンの極性を乗算したものであるいは複数の奇数列サンプリングデータの差分に検出パターンの極性を乗算したものを前記パターン検出手段の検出結果に基づいて保持し過去の保持データと差分をとり所定レベル範囲内の差分結果のみを抽出する誤差遷移抽出手段と、前記誤差演算手段の演算結果あるいは前記誤差遷移抽出手段の抽出結果を入力し累積する累積手段と、前記量子化手段に供給するサンプリングクロックの生成に際して前記誤差演算手段の演算結果と前記累積手段の累積結果に基づいて位相と周波数を調整するサンプリングクロック生成手段と、前記サンプリングクロックを2分周する事により再生クロックを生成する再生クロック生成手段と、再生されているデータが獲得できているか否かを検知する再生データ獲得検知手段とを備えた再生クロック抽出装置であって、前記再生データ獲得検知手段の検知結果によって前記累積手段の入力を前記誤差演算手段の演算結果と前記誤差遷移抽出手段の抽出結果の一方を選択するように制御されるものであり、これらの構成によると、A/D変換のサンプリングタイミング誤差を演算する際に、誤差演算結果を位相誤差として用い、再生データの獲得が検知されるまでは誤差遷移抽出結果の累積値を、再生データの獲得が検知されればそれまでの累積結果に誤差演算結果を累積し周波数誤差として用いる。

【0035】以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

（実施の形態1）図1は本発明の実施の形態1の再生クロック抽出装置の構成を示すブロック図である。

【0036】図1において、11は量子化手段としてのA/D変換回路で、入力した再生微分波形信号をデータレートの2倍のレートのサンプリングクロックにてサンプリングしてデジタルデータとして出力する。このデジタルデータは、DFF101、DFF102を介し再生データとして出力される。

11

【0037】12は3値判別手段である3値判別回路で、入力したデジタルデータの3値判別を行ってその判別結果を出力する。すなわち、入力されるデジタルデータが正值スレッシュレベル（図1中の正th）よりも大きければ「1」と判別し、負値スレッシュレベル（図1中の負th）よりも小さければ「-1」と判別し、それ以外であれば「0」と判別する。

【0038】13はパターン検出手段であるパターン検出回路で、3値判別回路12が出力する連続する複数の判別結果から特定の組み合わせのみを検出する。例えば、3値判別回路12の判別結果の現在の判別結果が正值あるいは負値であってその前後の判別結果は零値となる特定のパターンのみを検出し、検出結果を誤差演算回路14に出力する。

【0039】14は誤差演算回路で、1つのDF F 141と、減算器142と、乗算器143からなる誤差演算手段であり、DF F 141によってDF F 103からのデジタルデータを1クロック分遅延し、次の減算器142でそのデジタルデータから1クロック前のデジタルデータを減算し、さらに次の乗算器143でその減算結果に3値判別回路12による判別結果を乗算したものをサンプリングタイミングの誤差分を示す誤差演算結果として出力する。

【0040】なお、3値判別回路12への入力データは、2つのDF F 101及び102でサンプリングクロックの3クロック分が、誤差演算回路14の減算器142の（+）端子への入力データは2つのDF F 103及び141でサンプリングクロックの4クロック分がそれぞれ遅延されるため、3値判別回路12からは減算器142の（-）端子へ入力されるデータよりもサンプリングクロックで1クロック分前のデータについて判別した結果が乗算器143に加わるようになっている。すなわち乗算器143に判別結果として出力される再生データの1サンプリングクロック前後のデータから位相誤差を演算する。

【0041】16は誤差遷移抽出回路で、2つのDF F 161及び162と、減算器163と、レベルスライス回路164からなる誤差遷移抽出手段であって、DF F 104によって1再生クロック分遅延させた誤差演算結果を、パターン検出回路13の検出結果によりDF F 161でラッチし、その出力を同じくパターン検出回路13の検出結果によりDF F 162でラッチし、減算器163でDF F 161の出力からDF F 162の出力を減算する。さらに、レベルスライス回路164ではその減算結果を所定スライスレベルと比較し、所定スライスレベル内であれば誤差遷移抽出結果として出力する。すなわち減算器163の出力が正スライスレベル（図1中の正s1）を超えるレベル、または負スライスレベル（図1中の負s1）を下回るレベルであれば出力を「0」とし、それ以外はそのまま出力する。

12

【0042】なお、パターン検出回路13の検出結果において1再生クロックの遅延が発生するため、誤差遷移抽出回路16への入力データには誤差演算回路14の出力にDF F 104を介して1再生クロック遅延させている。ここで誤差遷移抽出回路16の入力データは検出されたパターンの現在の再生データに対して1サンプリングクロック前後のデータから誤差演算された結果のみが入力されることとなる。

【0043】17は累積手段としての累積回路で、加算器171と、レジスタ172と、係数器173とからなり、誤差遷移抽出結果は加算器171により、その加算器171からの加算結果が保持されているレジスタ172の出力と累積加算され、その加算結果は再びレジスタ回路172で保持されると共に係数器173で係数K2が乗算され、累積結果として出力する。

【0044】18はサンプリングクロック生成手段としての電圧制御発振回路で、係数器15で係数K1が乗算された誤差演算結果および誤差遷移抽出結果の累積値に基づいて位相および周波数調整を行って生成したサンプリングクロックを出力する。すなわち、生成されるサンプリングクロックの周波数は、入力した誤差演算結果が正の値であれば瞬時的に大きく、負の値であれば瞬時的に小さくなる。また、入力した誤差遷移結果の累積値が正の値であれば周波数は大きく、負の値であれば周波数は小さくなる。そしてこのサンプリングクロックは、A/D変換回路11、DF F 101、および分周回路19にそれぞれ与えられる。

【0045】19は再生クロック生成手段としての分周回路であり、サンプリングクロックを2分周することにより再生クロックを生成して出力する。そして、この再生クロックは、各DF F 102、103、104、141、パターン検出回路13、累積回路17に与えられる。

【0046】図2は、本実施の形態の再生クロック抽出装置におけるパターン検出回路13の一構成例を示すブロック図である。

【0047】図2のパターン検出回路13は2つのDF F 131及び132と、2つの零値判別回路1331及び1333と、正負値判別回路1332と、論理積回路134とからなり、3値判別回路12からの判別結果はDF F 131で1再生クロック遅延され、DF F 132で更に1再生クロック遅延される。3値判別回路12からの判別結果とDF F 132からの出力は、零値判別回路1331及び1333でそれぞれ3値判別結果が「0」のときは出力を「1」とし、それ以外のときは「0」を出力する。DF F 132の出力は正負値判別回路1332で判別結果が「1」あるいは「-1」のときは出力を「1」とし、それ以外のときは「0」を出力する。論理積回路134は正負値判別回路1332と、2つの零値判別回路1331及び1333からの入力の論

13

理積を演算し、その結果を検出結果として出力する。すなわち、判別結果の系列が「0、1、0」あるいは「0、-1、0」の再生パターンを検出するように構成される。

【0048】図4は、図2のパターン検出回路を用いた図1の実施の形態の再生クロック抽出装置における再生微分波形信号とサンプリングクロックと再生クロックとの関係を示すタイミングチャートである。図4において、点a～点pはA/D変換回路11でのサンプリングタイミングの1サンプリングおきに再生データを取り込むタイミングを表しており、サンプリングして得られた再生データとなるデジタルデータの値をそれぞれ符号「A」～「P」で表し、その間のデジタルデータをそれぞれ符号「A'」～「O'」で表す。

【0049】本実施の形態において、再生微分波形信号は、サンプリングクロックの立ち上がり毎にA/D変換回路11でサンプリングされて次段のDFF101でラッチされるが、更に次のDFF102は分周回路16から出力される再生クロック毎に前段のDFF101の出力をラッチするので、再生データは、「A」～「P」となり、「A'」～「O'」は再生データにはならず、このデータを用いて誤差演算回路14において誤差演算が行われる。なお、説明を簡単化するため再生微分波形信号には単一周波を用いる。

【0050】図4（ア）は再生微分波形信号に対して再生クロックの周波数が合っている場合の特性である。この場合において、再生データが「1」あるいは「-1」と判別されるのは「B」、「D」、「F」、「H」、「J」、「L」、「N」、「P」のデータであり、誤差演算結果はそれぞれの前後のデータの差分をとることにより演算される。たとえば「B」であれば「A' - B'」( $= |A' - B'| \times |1|$ )、また「D」であれば「D' - C'」( $= |C' - D'| \times |-1|$ )により誤差演算が行われる。また、「0、1、0」あるいは「0、-1、0」の再生パターンが検出されるのは、「A、B、C」、「C、D、E」、「E、F、G」、「G、H、I」、「I、J、K」、「K、L、M」、「M、N、O」のパターンであり、それぞれのパターンの中心の正值あるいは負値の前後のサンプリングデータによる誤差演算結果をその直前にパターン検出されたときの誤差演算結果と差分をとり、その結果から正負スライスレベル範囲内の差分結果のみを抽出することにより誤差遷移抽出が行われる。たとえば「C、D、E」がパターン検出されるとその誤差演算結果「D' - C'」からその前にパターン検出された「A、B、C」の誤差演算結果「A' - B'」を差し引いた「(D' - C') - (A' - B')」を正スライスレベルおよび負スライスレベルと比較し正負スライスレベル範囲内の結果のみが誤差遷移抽出結果となる。

【0051】ここで、図4（ア）の位相ではそれぞれの

14

タイミングでの誤差演算結果はほとんど零となるので、誤差遷移抽出結果もほとんど零となり、累積回路17での累積結果も変化せず、電圧制御発振回路18において生成するサンプリングクロックの周波数は保持され、再生クロックの位相および周波数は再生微分波形信号に対してあったまとなる。

【0052】図4（イ）は再生微分波形信号に対する再生クロックの周波数が小さい場合の特性である。この場合において、再生データが「1」あるいは「-1」と判別されるのは「B」、「D」、「F」、「H」、「J」、「M」、「O」のデータであり、それぞれ1サンプリングクロック前後のデータによる差分値が誤差演算結果となる。誤差演算結果「A' - B'」、「D' - C'」、「E' - F'」、「H' - G'」、「I' - J'」はそれぞれ正值となり、「L' - M'」、「O' - N'」ではそれぞれ負値となる。しかも、「A' - B'」から「I' - J'」までは徐々に正值は増加していき、「L' - M'」で急に負値に反転し徐々に減少する。再生微分波形信号とサンプリングクロックの周波数の関係がこのまま推移する場合、誤差演算結果は正值と負値の増減が繰り返し交互に現れるようになり、結果的にそれらの総和はほとんど零となる。

【0053】一方、「0、1、0」あるいは「0、-1、0」の再生パターンが検出されるのは、「A、B、C」、「C、D、E」、「E、F、G」、「G、H、I」、「I、J、K」、「L、M、N」、「N、O、P」のパターンであり、それぞれのパターンの中心の正值あるいは負値の前後のサンプリングデータによる誤差演算結果をその直前にパターン検出されたときの誤差演算結果と差分をとり、その結果から正負スライスレベル範囲内の差分結果のみを抽出することにより誤差遷移抽出が行われる。たとえば「C、D、E」のパターンにおける誤差演算結果「D' - C'」とその前に検出されたパターンの「A、B、C」の誤差演算結果「A' - B'」による差分結果「(D' - C') - (A' - B')」は正值となる。同様に「E、F、G」における差分結果も正值となり、「I、J、K」のタイミングまでは差分結果は正值となる。しかし、「L、M、N」のタイミングでの差分結果「(L' - M') - (I' - J')」は大きく負値となるが、「N、O、P」のタイミングでの差分結果「(O' - N') - (L' - M')」は再び正值となる。このように減算器163での差分結果は正值が連続して現れた後、一度大きく負値となって再び正值が現れるように推移する。これらの差分結果を正スライスレベルおよび負スライスレベルと比較し正負スライスレベル範囲内の差分結果のみを誤差遷移抽出結果として累積する。

【0054】図5は図4（イ）の場合の誤差演算結果と減算器163による減算結果と誤差遷移抽出値の累積結果と時間tとの関係を表す。



15

【0055】図5（ア）は誤差演算結果を表し、零点で点対称になるように正值と負値が交互に繰り返し現れ、結果的にそれらの総和はほとんど零になる。

【0056】図5（イ）は減算器163による減算結果を表し、誤差演算結果が正值から負値に大きく変化するときには大きく負の値が現れるが、それ以外は正の値となり、この差分結果をレベルスライス回路164で正または負スライスレベルと比較し、大きく現れる負値のみを除外し、それ以外の正值を誤差遷移抽出結果として出力する。

【0057】図5（ウ）は累積結果を表し、誤差遷移抽出結果を累積することによって累積結果は正值となって再生微分波形信号からのサンプリングクロックの周波数ずれ量を現す。

【0058】このように、図4（イ）の位相ではそれぞれのタイミングでの誤差演算結果は正值と負値を繰り返して出力し、それらの総和はほとんど零となるが、累積回路17での誤差遷移抽出値の累積結果は正となり、電圧制御発振回路18において生成するサンプリングクロックの周波数は大きくなり、これに伴い再生クロックの周波数は再生微分波形信号に対して高くなる方向、つまり周波数が合う方向へと修正される。

【0059】図4（ウ）は再生微分波形信号に対する再生クロックの周波数が大きい場合の特性である。この場合において、再生データが「1」あるいは「-1」と判別されるのは「B」、「D」、「F」、「H」、

「J」、「M」、「O」のデータであり、それぞれ1サンプリングクロック前後のデータによる差分値が誤差演算結果となる。誤差演算結果「 $A' - B'$ 」、「 $D' - C'$ 」、「 $E' - F'$ 」、「 $H' - G'$ 」、「 $I' - J'$ 」はそれぞれ負値となり、「 $M' - L'$ 」、「 $N' - O'$ 」ではそれぞれ正值となる。しかも、「 $A' - B'$ 」から「 $I' - J'$ 」までは徐々に負値は減少していき、「 $L' - M'$ 」で正值に反転し徐々に正方向に増加する。

【0060】再生微分波形信号とサンプリングクロックの周波数の関係がこのまま推移する場合、図4（イ）の場合と同様に誤差演算結果は正值と負値の増減が繰り返して交互に現れるようになり、結果的にそれらの総和はほとんど零となる。一方、「0、1、0」あるいは「0、-1、0」の再生パターンが検出されるのは、「A、B、C」、「C、D、E」、「E、F、G」、「G、H、I」、「I、J、K」、「L、M、N」、「N、O、P」のパターンであり、それぞれのパターンの中心の正值あるいは負値の前後のサンプリングデータによる誤差演算結果をその直前にパターン検出されたときの誤差演算結果と差分をとり、その結果から正負スライスレベル範囲内の差分結果のみを抽出することにより誤差遷移抽出が行われる。たとえば「C、D、E」のパターンにおける誤差演算結果「 $D' - C'$ 」とその前に検出さ

16

れたパターンの「A、B、C」の誤差演算結果「 $A' - B'$ 」による差分結果「 $(D' - C') - (A' - B')$ 」は負値となる。同様に「E、F、G」における差分結果も負値となり、「I、J、K」のタイミングまでは差分結果は負値となる。しかし、「L、M、N」のタイミングでの差分結果「 $(L' - M') - (I' - J')$ 」は大きく正值となるが、「N、O、P」のタイミングでの差分結果「 $(O' - N') - (L' - M')$ 」は再び負値となる。このように減算器163での差分結果は負値が連続して現れた後、一度大きく正值となって再び負値が現れるように推移する。これらの差分結果を正スライスレベルおよび負スライスレベルと比較し正負スライスレベル範囲内の差分結果のみを誤差遷移抽出結果として累積する。

【0061】図6は図4（ウ）の場合の誤差演算結果と減算器163による減算結果と誤差遷移抽出値の累積結果と時間tとの関係を表す。

【0062】図6（ア）は誤差演算結果を表し、零点で点対称になるように正值と負値が交互に繰り返して現れ、結果的にそれらの総和はほとんど零になる。

【0063】図6（イ）は減算器163による減算結果を表し、誤差演算結果が負値から正值に大きく変化するときには大きく正の値が現れるが、それ以外は負の値となり、この差分結果をレベルスライス回路164で正または負スライスレベルと比較し、大きく現れる正值のみを除外し、それ以外の負値を誤差遷移抽出結果として出力する。

【0064】図6（ウ）は累積結果を表し、誤差遷移抽出結果を累積することによって累積結果は負値となって再生微分波形信号からのサンプリングクロックの周波数ずれ量を現す。

【0065】このように、図4（ウ）の位相ではそれぞれのタイミングでの誤差演算結果は正值と負値を繰り返して出力し、それらの総和はほとんど零となるが、累積回路17での誤差遷移抽出結果の累積結果は負となり、電圧制御発振回路18において生成するサンプリングクロックの周波数は小さくなり、これに伴い再生クロックの周波数は再生微分波形信号に対して低くなる方向、つまり周波数が合う方向に修正される。

【0066】なお、パターン検出回路13にて検出する再生パターンはここでは現在と過去と未来の3状態によってパターン検出を行っているが、現在と過去の2状態で行っても同様の効果が得られる。図3にこの場合のパターン検出回路の構成を表すブロック図を示す。

【0067】図3のパターン検出回路はDFF131と、2つの正值判別回路1334、1337と、2つの負値判別回路1335、1336と、2つの論理積回路136、137と、論理和回路138からなり、3値判別回路12からの判別結果はDFF131で1再生クロック遅延される。3値判別回路12からの判別結果とD

17

FF131からの出力は、正值判別回路1334、1337でそれぞれ3値判別結果が「1」のときは出力を「1」し、それ以外のときは「0」を出力する。また、負値判別回路1335、1336ではそれぞれ3値判別結果が「-1」のときは出力を「1」し、それ以外のときは「0」を出力する。論理積回路1336は正值判別回路1334と負値判別回路1335の出力が共に「1」のときは出力を「1」し、それ以外は「0」とする。同様に論理積回路1337は負値判別回路1336と正值判別回路1337の出力が共に「1」のときは出力を「1」し、それ以外は「0」とする。論理和回路1338は論理積回路1336、1337のどちらかでも「1」であれば出力を「1」とし、どちらも「0」であれば「0」を出力して検出結果とする。すなわち、「1、-1」、あるいは「-1、1」の再生パターンを検出するように構成される。このパターン検出回路を用いる場合は図1のブロック図においてDFF161の入力にはDFF141の出力に3値判別回路12の出力を乗算したものを入力することとする（図示せず）。すなわち、3値判別結果をその判別対象となった再生データに対して1サンプリングクロック前のデータに乘算し、誤差遷移抽出回路への入力とする。

【0068】図7は、図3のパターン検出を用いる場合の本実施の形態の再生クロック抽出装置における再生微分波形信号と誤差遷移抽出回路の入力とサンプリングクロックと再生クロックとの関係を示すタイミングチャートであり、点a～点pはA/D変換回路11でのサンプリングタイミングの1サンプリングおきに再生データを取り込むタイミングを表しており、サンプリングして得られた再生データとなるデジタルデータの値をそれぞれ符号「A」～「P」で表し、その間のデジタルデータをそれぞれ符号「A'」～「P'」で表す。

【0069】図4と同様に再生微分波形信号は、サンプリングクロックの立ち上がり毎にA/D変換回路11でサンプリングされて次段のDFF101でラッチされるが、更に次のDFF102は分周回路16から出力される再生クロック毎に全段のDFF101の出力をラッチするので、再生データは、「A」～「P」となり、「A'」～「P'」は再生データにはならず、このデータを用いて誤差演算回路14において誤差演算が行われる。なお、説明を簡単化するため再生微分波形信号には単一周波を用いる。

【0070】図7（ア）は再生微分波形信号に対して再生クロックの周波数が合っている場合である。この場合において、再生データが「1」あるいは「-1」と判別されるのは「A」～「P」のすべてのデータであり、誤差演算結果はそれぞれの前後のサンプリングデータの差分をとることにより演算され、「B」であれば「A' - B'」（ $= |A' - B'| \times |1|$ ）、また「C」であれば「C' - B'」（ $= |B' - C'| \times |-1|$ ）により誤差

18

演算が行われる。また、「1、-1」あるいは「-1、1」の再生パターンが検出されるのは、「A、B」、「B、C」、「C、D」、「D、E」、「E、F」、「F、G」、「G、H」、「H、I」、「I、J」、「J、K」、「K、L」、「L、M」、「M、N」、「N、O」、「O、P」のパターンであり、それぞれのパターンの現在と過去のデータの間のデータに現在のデータの3値判別結果を乗算したものが誤差遷移抽出回路16の入力となる。これを前にパターン検出されたときの入力と差分し、その結果から正負スライスレベル範囲内の差分結果のみを抽出することにより誤差遷移抽出が行われる。たとえば「B、C」がパターン検出されるとその間のデータ「B'」に「C」の3値判別結果「-1」を乗算した「-B'」から、その前にパターン検出された「A、B」の間のデータ「A'」に「B」の3値判別結果「1」を乗算した「A'」を差し引いた「（-B' - A'）」を差分結果とし、その結果を正スライスレベルおよび負スライスレベルと比較し正負スライスレベル範囲内の結果のみが誤差遷移抽出結果となる。

【0071】ここで、図7（ア）の位相ではそれぞれのタイミングでの誤差演算結果はほとんど零となり、誤差遷移抽出結果もほとんど零となり、累積回路17での累積結果も変化せず、電圧制御発振回路18において生成するサンプリングクロックの周波数は保持され、再生クロックの位相は再生微分波形信号に対してあったまとなる。

【0072】図7（イ）は再生微分波形信号に対する再生クロックの周波数が小さい場合の特性である。この場合において、再生データが「1」あるいは「-1」と判別されるのは「A」、「B」、「C」、「D」、「E」、「F」、「N」、「O」、「P」のデータであり、それぞれ1サンプリングクロック前後のデータによる差分値である誤差演算結果は「B」～「F」のタイミングまではそれぞれ正值となり、「N」～「P」のタイミングでは負値となる。しかも、「B」から「F」のタイミングまでは徐々に正值は増加していき、「N」のタイミングで大きく負値に反転し徐々に減少する。再生微分波形信号とサンプリングクロックの周波数の関係がこのまま推移する場合、誤差演算結果は正值と負値の増減が繰り返して交互に現れるようになり、結果的にそれらの総和はほとんど零となる。一方、「1、-1」あるいは「-1、1」の再生パターンが検出されるのは、「A、B」、「B、C」、「C、D」、「D、E」、「E、F」、「N、O」、「O、P」のパターンであり、誤差遷移抽出回路にはそれぞれのパターン検出に用いた現在と過去のデータの間のデータに現在のデータの3値判別結果を乗算したものが入力され、図7（ウ）に誤差遷移抽出回路の入力を示す。このように「A'」、「-B'」、「C'」、「-D'」、「E'」は正值となり、「-M'」、「N'」、「-O'」、「P'」は負

19

値となる。誤差遷移抽出結果は「E'」から「-M'」へ変化するタイミングを除いて正值となり、大きく現れる負値はレベルスライス回路で除外されるため累積結果は正值となる。

【0073】このように、図7(イ)の位相ではそれぞれのタイミングでの誤差演算結果は正值と負値を繰り返し出力し、それらの総和はほとんど零となるが、累積回路17での誤差遷移抽出結果の累積値は正值となり、電圧制御発振回路18において生成するサンプリングクロックの周波数は大きくなり、これに伴い再生クロックの周波数は再生微分波形信号に対して高くなる方向、つまり周波数が合う方向へと修正される。

【0074】図7(エ)は再生微分波形信号に対する再生クロックの周波数が大きい場合である。この場合において、再生データが「1」あるいは「-1」と判別されるのは「A」、「B」、「C」、「D」、「E」、「F」、「G」、「H」、「P」のデータであり、それぞれ1サンプリングクロック前後のデータによる差分値である誤差演算結果は「B」～「H」のタイミングまではそれぞれ負値となり、「P」以降のタイミングでは正值となる。しかも、「B」から「H」のタイミングまでは徐々に負値は増加していき、「P」のタイミングで大きく正值に反転し徐々に減少する。再生微分波形信号とサンプリングクロックの周波数の関係がこのまま推移する場合、誤差演算結果は正值と負値の増減が繰り返し交互に現れるようになり、結果的にそれらの総和はほとんど零となる。一方、「1、-1」あるいは「-1、1」の再生パターンが検出されるのは、「A、B」、「B、C」、「C、D」、「D、E」、「E、F」、「F、G」、「G、H」のパターンであり、誤差遷移抽出回路にはそれぞれのパターン検出に用いた現在と過去のデータの間のデータに現在のデータの3値判別結果を乗算したものが入力され、図7(オ)に誤差遷移抽出回路の入力を示す。このように「A'」、「-B'」、「C'」、「-D'」、「E'」、「-F'」、「G'」は負値となり、「-O'」は正值となる。誤差遷移抽出結果は「G'」から「-O'」へ変化するタイミングを除いて負値となり、大きく現れる正值はレベルスライス回路で除外されるため累積結果は負値となる。

【0075】このように、図7(エ)の位相ではそれぞれのタイミングでの誤差演算結果は正值と負値を繰り返し出力し、それらの総和はほとんど零となるが、累積回路17での誤差遷移抽出結果の累積結果は負値となり、電圧制御発振回路18において生成するサンプリングクロックの周波数は小さくなり、これに伴い再生クロックの周波数は再生微分波形信号に対して低くなる方向、つまり周波数が合う方向へと修正される。

【0076】なお、パターン検出回路にて検出する再生パターンは「0、1、0」と「0、-1、0」、あるいは「1、-1」と「-1、1」と限定したが、これらを

20

混合して用いることにより誤差遷移抽出の頻度が増し、より効果的なサンプリングクロックの制御が行える。

【0077】以上のように本実施の形態によれば、A/D変換のサンプリングはデータレート $\times$ 2のレートのサンプリングクロックで行われ、誤差演算回路14が再生データ以外のサンプルデータを用いてA/D変換の瞬時的サンプリングタイミングの位相誤差を演算し、パターン検出に基づいて誤差遷移抽出回路16と累積回路17が瞬時的タイミング誤差の遷移を累積することによりA/D変換のサンプリングクロックの周波数誤差を演算するため、位相引き込み能力に加えて広い周波数引き込み能力を合わせ持つことになる。

【0078】(実施の形態2)以下、本発明の実施の形態2について、図面を参照しながら説明する。

【0079】図8は本実施の形態の再生クロック抽出装置のブロック図であり、前述の実施の形態1における図1の構成に加えて再生データ獲得検知手段として再生処理回路50と、比較器51と、更に係数器30と、切替回路(以下SWと略す)20とを設けた構成とし、ここでは再生処理回路50、係数器30、比較器51とSW20以外の詳しい説明は省略する。

【0080】図8において、50は再生処理回路であり、復調回路501と、シンク検出回路502と誤り訂正回路503とからなり、DFB102の出力は再生データとして入力される。再生処理回路50では復調回路501により復調処理が行われ、シンク検出回路502は入力データの所定長毎に付加されているシンクデータを検出し、誤り訂正回路503で復調されたデータに対して発生しているデータ誤りの訂正を行い、復調データを出力する。

【0081】ここで、誤り訂正処理はデジタルデータの伝送、例えば記録再生には不可欠であり、そのため記録される本来のデータに加えて誤り訂正用の誤り訂正符号が付加されることが一般的である。さらに誤り訂正処理は所定長毎のデータブロック単位で行われるため、誤り訂正を行うブロック単位の始まりを認識するための同期用のシンクデータも合わせて付加されることも一般的である。図9はデータブロックの一例を示す模式図である。

【0082】図9(ア)は前述したデータブロック群を表し、図9(イ)は図9(ア)のデータブロック群を構成する1データブロック単位を表す。一般的に図9

(イ)中のb区間のデータが本来の記録されるデータであり、その前のa区間にシンクデータを配置し、本来のデータ後のc区間に誤り訂正用符号を配置する構成がとられる。

【0083】このような系列の入力データを再生処理回路50で再生処理するにあたり、先ずシンクパターンの検出を行い、誤り訂正を行うデータブロック単位を認識し、次に誤り訂正が行われる。シンクパターンが検出で

21

きなかった場合は誤り訂正を行おうにも誤り訂正を行うデータブロックを認識できないため、すべてデータ誤りとなる。誤り訂正においては入力される本来のデータのみ、あるいはシンクデータと本来のデータにより演算した結果を誤り訂正符号と検証することによりデータ誤りを訂正すると共にデータ誤り数も検出可能である。

【0084】したがって、シンク検出回路502のシンク検出結果、あるいは誤り訂正回路503のデータ誤り数を比較器51において所定スレッシュ値(図8中の $t_h$ )と比較することにより再生データの獲得を検知する。再生データ獲得検知結果は一定期間内の検出シンク数が所定スレッシュ値以上になるまでは検知出力は「0」とし、所定値以上になれば「1」とする。あるいは所定期間内のデータ誤り数が所定スレッシュ値以下になるまでは検知出力は「0」とし、所定値以下になれば「1」として、SW20に出力する。

【0085】係数器30は、誤差演算回路14が出力する誤差演算結果に係数 $K_3$ を乗算して出力する。

【0086】SW20は比較器51の再生データ獲得検知結果に基づいて、係数器30の出力と誤差遷移抽出回路16の誤差遷移抽出結果とを切り替えて累積回路17に出力する。つまり、再生データ獲得検知結果が「0」の場合は誤差遷移抽出回路16の演算結果により累積加算を行い、再生データ獲得検知結果が「1」の場合は誤差演算結果により累積加算を行い、電圧制御発振回路18における周波数制御を行う。

【0087】図10は本実施の形態の再生クロック抽出装置の入力信号に対するサンプリングクロックの周波数誤差と時間 $t$ との関係を示す。図10において横軸は時間、縦軸は入力信号とサンプリングクロックの周波数誤差を表す。

【0088】図10の期間 $t_1$ では再生データが獲得できないくらいサンプリングクロックの周波数は入力周波数に対して誤差があるため、この区間は誤差遷移抽出結果の累積結果により電圧制御発振回路18の発振周波数は制御される。期間 $t_2$ ではほぼ周波数誤差もなくなり再生データの獲得は検知され、今までの累積結果に対して誤差演算結果に係数 $K_3$ を乗算した結果を累積加算することにより電圧制御発振回路18の発振周波数は制御される。すなわち、期間 $t_1$ では速やかな周波数応答が行えるよう誤差遷移抽出結果を累積することでループのゲインを高くし、期間 $t_2$ では安定な周波数応答が行えるよう誤差演算結果に係数を掛けたものを累積することでループのゲインを小さくする。

【0089】このようにすることにより、再生データが獲得できていない、つまり周波数が合っていない場合には誤差遷移抽出結果の累積加算値により広い周波数引き込み範囲と速やかな周波数応答性を持たせられる。また、再生データが獲得できるようになる、つまり周波数がほぼ合っている場合にはそれまでの誤差遷移の累積加

22

算値を保持し、その結果に対して誤差演算結果を加算することにより、安定な周波数応答性が得られ、結果的に速やかな周波数引き込み特性と安定な周波数追従性を合わせ持つこととなる。

【0090】なお、以上の本発明の実施の形態1及び2の説明では、電圧制御発振回路18において、生成するクロックの位相修正を周波数を瞬時的に変えることにより行っているが、例えば遅延器を用いて行うなどの他の方法によっても可能である。

10 【0091】また、実施の形態1及び2の説明では、再生信号に対する等化処理は設けていないが、A/D変換回路11が出力するデジタルデータに対して、デジタル的に適応型等化処理を施しながら後段の処理を行うことも可能である。

【0092】この場合、適応型等化処理のための遅延により、A/D変換からクロック再生までの制御ループの遅延が大きくなり、従来の方法であればクロックの引き込み範囲が更に狭くなってしまいが、実施の形態1または2ではクロックの周波数引き込み能力を持たせており、このような構成にも対応できる。すなわち、未等化の状態または等化残りのある状態においてデジタル的適応型等化処理とタイミング誤差演算を同時に行っても、両者とも速やかに収束し、適応型等化とサンプリングタイミングとが最適値となる。

【0093】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、A/D変換のサンプリングをデータレートの2倍のレートのサンプリングクロックで行い、A/D変換のサンプリングタイミング誤差を演算する際に、再生データ以外のサンプリングデータを用いて、誤差演算手段がA/D変換のサンプリングタイミング位相誤差を演算し、パターン検出結果に基づいて誤差遷移抽出手段の抽出結果の累積値により周波数誤差を演算する。そのため、サンプリングクロックの位相引き込み能力を持つとともに広い周波数引き込み能力を持たせることができるという優れた効果を奏するものである。

【0094】また、再生されているデータが獲得できているか否かを検知する再生データ獲得検知手段を設け、再生データ獲得検知結果に基づいて、累積手段の入力を誤差遷移抽出結果と誤差演算結果とを切り替えてサンプリングクロックの周波数制御に用いる。そのため、広い周波数引き込み範囲とともに速やかな周波数応答性と安定した周波数追従性を合わせ持たせられるという優れた効果を奏するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1による再生クロック抽出装置の構成を示すブロック図

【図2】本発明の実施の形態1による再生クロック抽出装置のパターン検出回路の一構成例を示すブロック図

50 【図3】本発明の実施の形態1による再生クロック抽出

23

装置のパターン検出回路の他の構成例を示すブロック図

【図 4】本発明の実施の形態 1 による再生クロック抽出装置のタイミングチャート

【図 5】本発明の実施の形態 1 による再生クロック抽出装置の誤差遷移抽出手段の特性図

【図 6】本発明の実施の形態 1 による再生クロック抽出装置の誤差遷移抽出手段の特性図

【図 7】本発明の実施の形態 1 による再生クロック抽出装置のパターン検出回路の他の構成でのタイミングチャート

【図 8】本発明の実施の形態 2 による再生クロック抽出装置の構成を示すブロック図

【図 9】本発明の実施の形態 2 による再生クロック抽出装置の再生データ獲得検知手段の原理を示す模式図

【図 10】本発明の実施の形態 2 による再生クロック抽出装置の特性図

【図 11】従来の再生クロック抽出装置の構成を示すブロック図

【図 12】従来の再生クロック抽出装置の誤差演算回路のタイミングチャート

10

\* 20

24

\* 【図 13】従来の再生クロック抽出装置の誤差演算回路のタイミングチャート

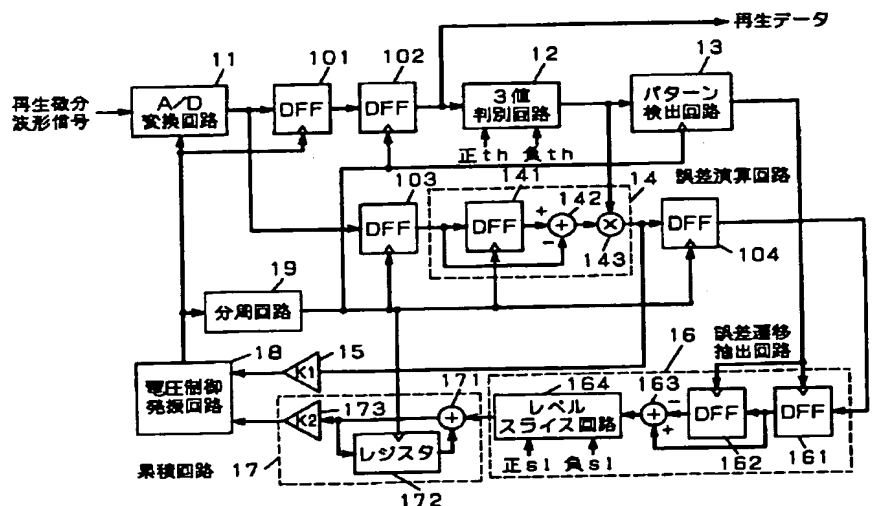
【図 14】従来の再生クロック抽出装置の誤差累積回路の一構成例を示すブロック図

【図 15】従来の再生クロック抽出装置の周波数引き込みの特性図

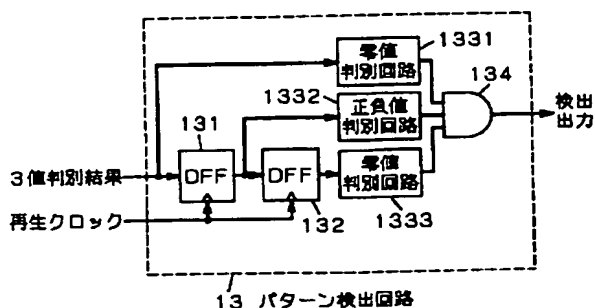
【符号の説明】

- 11 A/D変換回路
- 12 3値判別回路
- 13 パターン検出回路
- 14 誤差演算回路
- 15 係数器
- 16 誤差遷移抽出回路
- 17 累積回路
- 18 電圧制御発振回路
- 19 分周回路
- 20 切替回路
- 30 係数器
- 50 再生回路
- 51 比較器

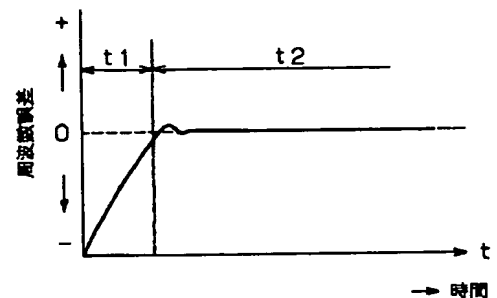
【図 1】



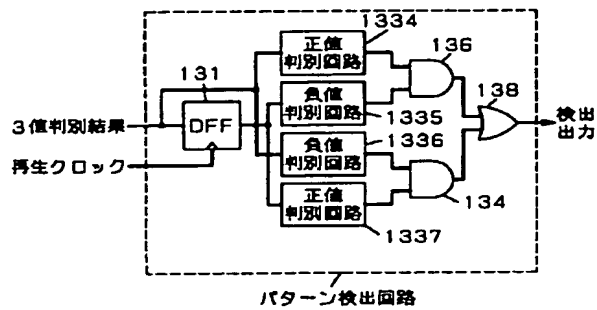
【図 2】



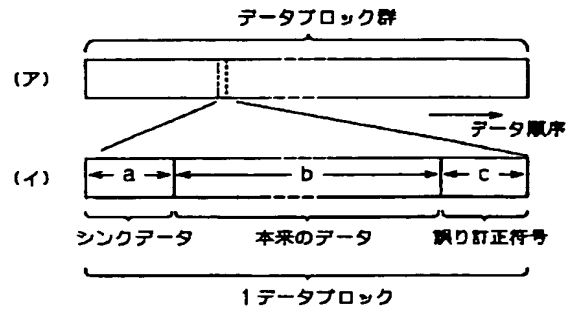
【図 10】



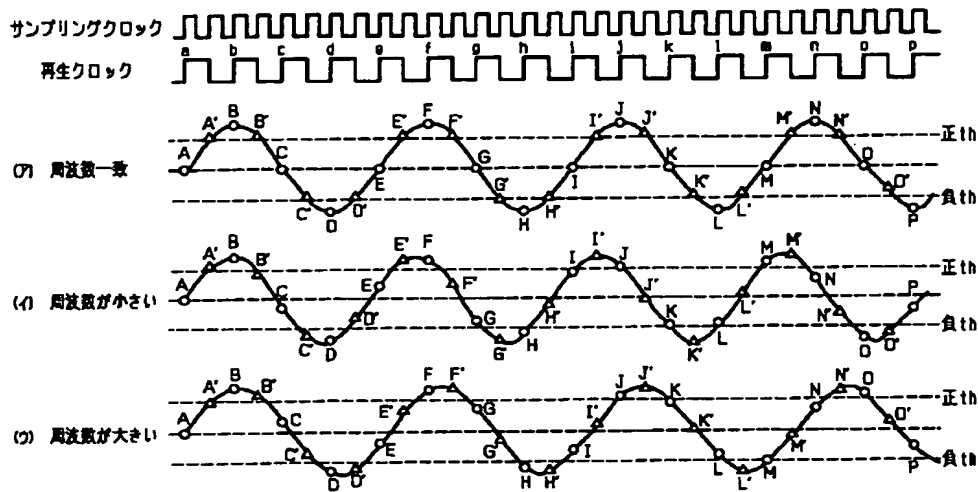
【図3】



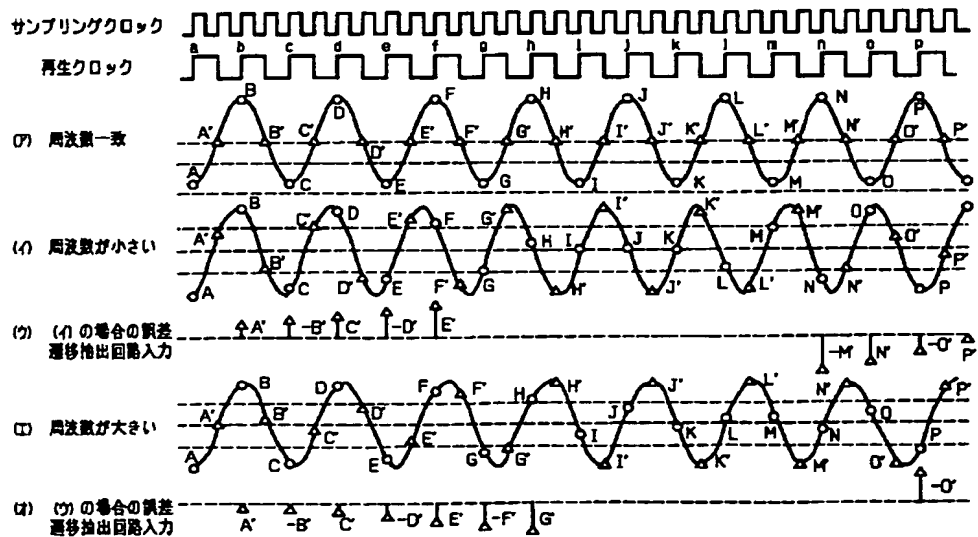
【図9】



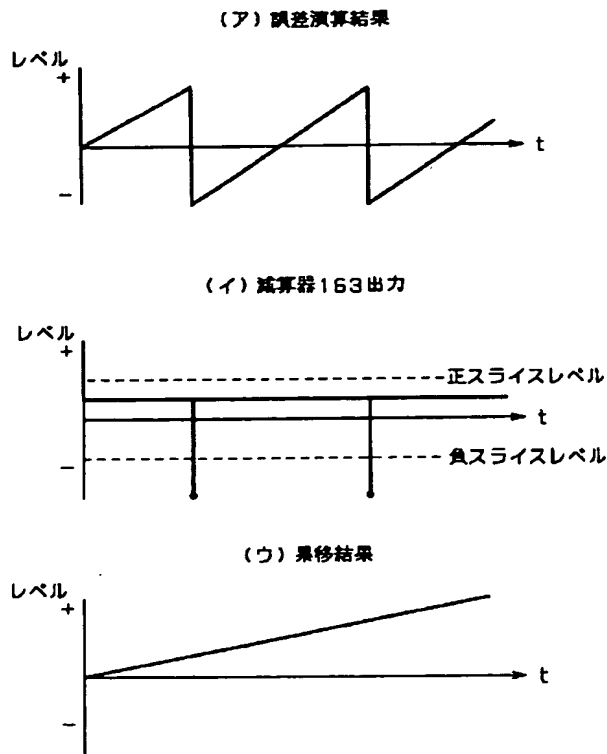
【図4】



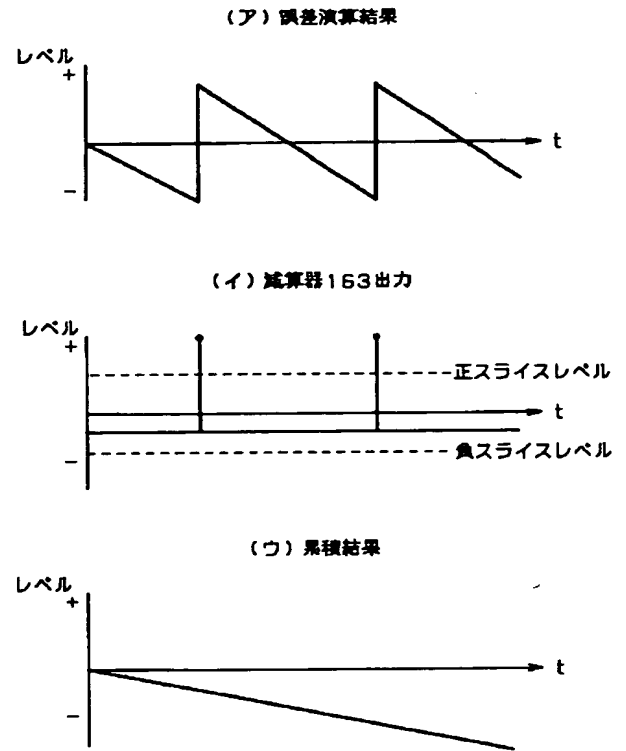
【図7】



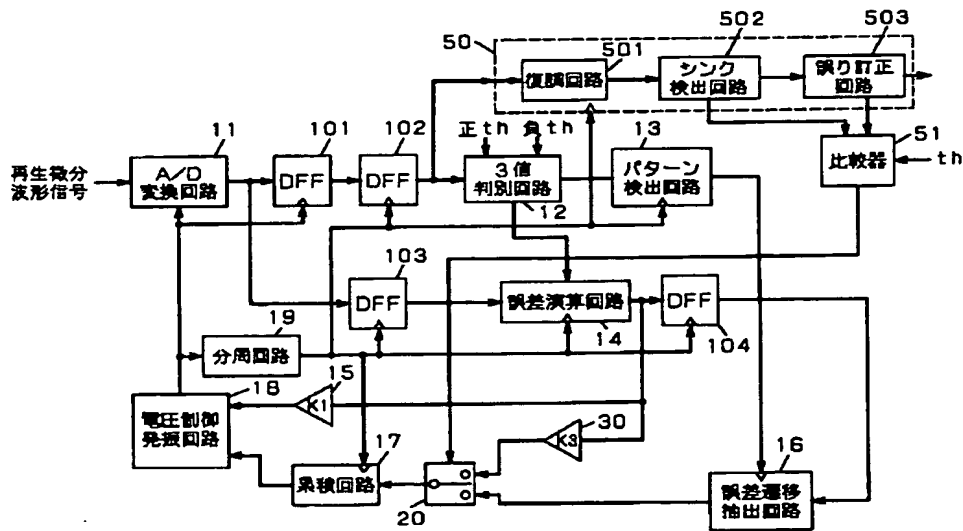
【図5】



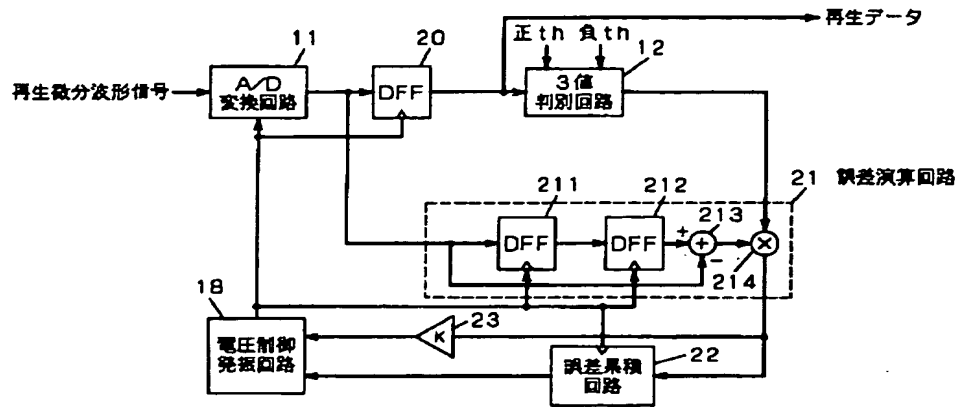
【図6】



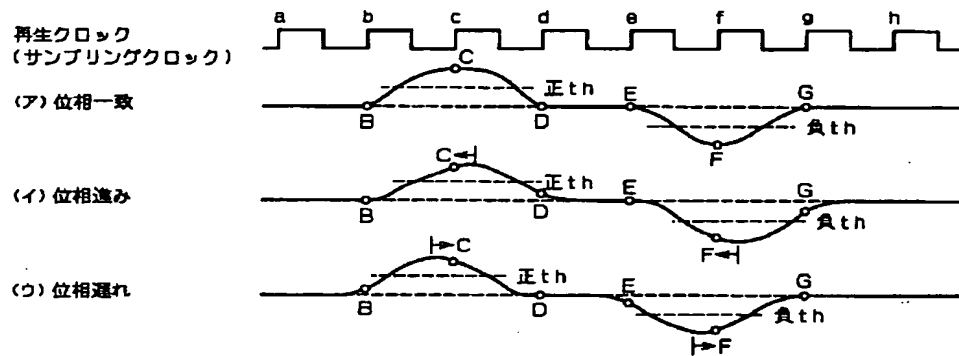
【図8】



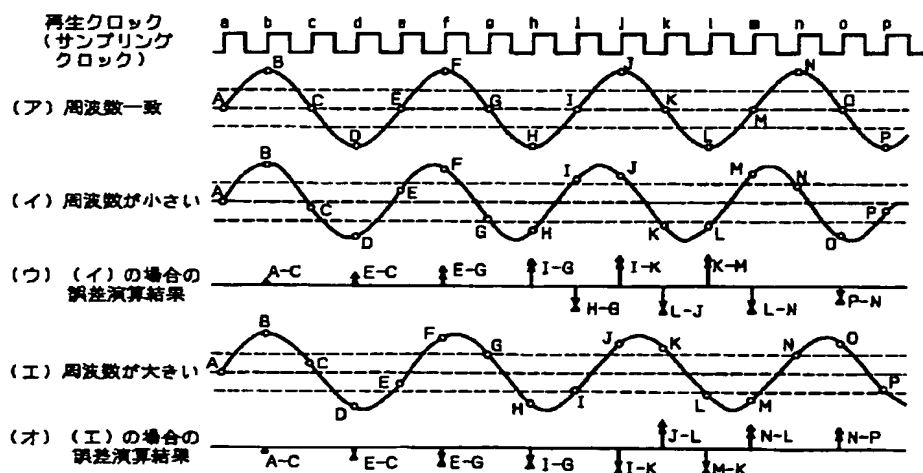
【図11】



【図12】

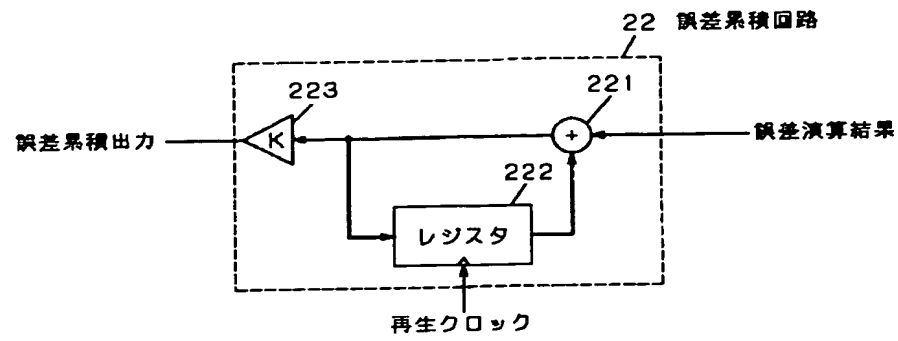


【図13】





【図14】



【図15】

